

Kyllagring av grantimmer – ett lagringsförsök

Cold storage of spruce timber – a storage trial

Viktor Vasell



Examensarbete • 30 hp

Jägmästarprogrammet

Rapport från Institutionen för skogens biomaterial och teknologi, 2020:10
Umeå 2020

Kyllagring av grantimmer – ett lagringsförsök

Cold storage of spruce timber – a storage trial

Viktor Vasell

Handledare:	Erik Anerud, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogens biomaterial och teknologi
Examinator:	Dan Bergström, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogens biomaterial och teknologi
Omfattning:	30 hp
Nivå och fördjupning:	Avancerad nivå, A2E
Kurstitel:	Masterarbete i skogsvetenskap
Kursansvarig inst.:	Institutionen för skogens biomaterial och teknologi
Kurskod:	EX0956
Program/utbildning:	Jägmästarprogrammet
Utgivningsort:	Umeå
Utgivningsår:	2020
Serietitel	Rapport från Institutionen för skogens biomaterial och teknologi, 2020:10
Delnummer i serie	2020:10
Omslagsbild:	Viktor Vasell
Elektronisk publicering:	https://stud.epsilon.slu.se
Nyckelord:	Terminallagring, Timmer, Temperaturmätning, Virkeskvalitet.

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för skogsvetenskap

Institutionen för skogens biomaterial och teknologi

Sammanfattning

Lagring av timmer på vedgårdar eller terminaler är en förutsättning för en effektiv råvaruförsörjning till sågverken. För att lagra timmer under längre perioder kan olika metoder användas. Kyllagring är en metod som bygger på att bevara kylan i timret från vintern genom att lägga flera vältr med timmer tätt mot varandra och sedan täcka sidorna på lagret med ett mindre värdefullt virkessortiment. Genom att hålla temperaturen låg minskar risken för lagringsskador på timret. Det kan dock vara svårt att skatta hur länge det går att lagra timret utan att lagringsskador uppstår med denna metod. Syftet med studien var att undersöka om det går att använda kontinuerliga temperaturmätningar för att prognostisera hur länge man kan kyllagra grantimmer utan avgörande kvalitetsförsämringar. Försöket genomfördes vid fyra virkes-terminaler där grantimmer kyllagrades. Mätpunkter för temperatur och relativ luftfuktighet var placerade både inuti och utanför kyllagren. Mätningar användes för att beräkna en total ackumulerad temperatur under lagringsperioden. Från ett antal provstockar bedömdes om stockarna tagit skada av lagringen. Regressionsanalys på dataunderlaget från försöket visar att det finns statistiska samband mellan totaltemperaturen och virkeskvalitén på provpunkten. Resultaten talar för att temperaturmätningarna skulle kunna användas för att skatta maximal lagringstid vid kyllagring av grantimmer. Mer omfattande försök och analyser krävs dock för att undersöka om det går att skapa användbara och tillförlitliga skattningar på maximal lagringstid givet en viss totaltemperatur.

Nyckelord: Terminallagring, timmer, temperaturmätning, virkeskvalitet.

Abstract

Storage of timber in woodyards or terminals is important for an effective supply of raw material to sawmills. To store timber over a longer time period various methods can be used. Cold storing is a method of preserving frozen timber from the winter by stacking piles of timber close to each other and then covering the whole pile with less valuable wood assortment, e.g. pulp wood. Keeping the temperature as low as possible in the pile reduces the risk of storage decay. The maximal storage time depends on the climate during the summer, making it hard to determine how long one can cold-store timber. The purpose of this study was to examine if continuous temperature measuring can be used to make a prognosis for how long time it is possible to cold-store spruce timber without storage decay. The trial included four terminals with one cold-storage each. Measuring points for temperature and relative humidity were placed both inside and outside the cold storages. Data from the measuring points were used to calculate a total accumulated temperature during the storage period of each measuring point. A number of sample logs were used to determine if any storage decay had occurred. Regression analyses of the data shows that there is significant correlation between the quality of the sample logs and total accumulated temperature on the measuring points. The results indicate that continuous temperature measuring may be used to predict how long one can cold-store spruce timber. More extensive trials and analyses are however needed to create reliable models for predicting maximal storage times given a certain total accumulated temperature.

Keywords: terminal storage, timber, temperature measuring, wood quality.

Förord

Denna studie är ett examensarbete på 30 hp i huvudämnet skogsvetenskap utfört vid institutionen för skogens biomaterial och teknologi vid Sveriges lantbruksuniversitet i Umeå.

Jag vill rikta ett stort tack till SCA skog som anförtrott mig att genomföra denna studie.

Jag vill ge ett särskilt stort tack till båda mina handledare, Erik Anerud på SLU och Henrik Sjölander på SCA som outtröttligt och med stort engagemang bidragit med goda kunskaper och stöttat mig genom hela arbetet, tack!

Jag vill även tacka SCA:s terminalentreprenörer på terminalerna som ingick i försöket för all praktisk hjälp under försökstiden.

Halåsen, december 2019

Viktor Vasell

Innehållsförteckning

1	Inledning	11
1.1	Kvalitetskrav för timmer	11
1.2	Kvalitetsrisker vid timmerlagring	12
1.3	Några olika lagringsmetoder för timmer	14
1.3.1	Bevattningsmetod av timmer	14
1.3.2	Sjölagering av timmer	15
1.3.3	Snölagring av timmer	15
1.3.4	Kyllagering av timmer	16
1.4	Varför är detta arbetet intressant att genomföra?	17
1.4.1	Mål och syfte med arbetet	18
1.4.2	Hypotes	18
2	Metod och material	19
2.1	Lagringsförsöket	19
2.2	Mätutrustning	21
2.3	Datainsamling	22
2.4	Regressionsanalys	24
2.5	Analys	24
3	Resultat	27
3.1	Temperatur under lagringstiden	27
3.2	Virkeskvalitet efter lagring	30
3.3	Samband mellan temperatur i lagren och temperatur utanför	33
3.4	Samband mellan temperatur utanför lagren och virkeskvalitet	34
4	Diskussion	36
4.1	Studiens resultat	36
4.2	Granskning av metod och material	39

4.3	Slutsatser	41
	Referenslista	42
	Bilaga 1	45

1 Inledning

Lagring av timmer på vedgårdar eller terminaler är idag en förutsättning för en effektiv råvaruförsörjning till sågverken (Jonsson, 2012). För några decennier sedan avverkades timmer främst under vinterhalvåret för att sedan sågas innan sommaren. På det sättet kunde sommaren nyttjas för att torka brädor och plank på vedgården. I dag är det istället viktigt för sågverken att kunna producera sågade varor året runt (Nylinder & Fryk, 2011). Försörjningsbehovet för sågverk är under året relativt jämnt, samtidigt som avverkningar och transporter från skogen är känsliga för säsongsbetonade väderförändringar som tjällossning och höstregn. För att säkerställa industriförsörjningen under dessa perioder och för att ta tillvara på vinterhalvåret då marken är frusen, och bärigheten är bra för både avverkning och transport så lagras stora volymer vid virkesterminaler. Timmerlagring är förknippat med stora kostnader för hanteringen av timret och för lagerytan, det innebär även att mycket kapital binds (Fjeld & Dahlin, 2017).

1.1 Kvalitetskrav för timmer

Det finns en rad kvalitetskrav för att en stock ska klassas som sågtimmer. Stocken ska bland annat vara apterad från en levande stamdel, innehålla max 5 % skogsröta i ändytan samt vara fri från insektsskador och lagringsröta i veden. Stockar som inte klarar kvalitetskraven vrakas (Biometria, 2019). Stockar som vrakas som sågtimmer kan oftast användas av massa-bruken istället. En misslyckad lagring med stora angrepp av lagringsröta eller insekter som följd innebär en försämrad virkeskvalitet och en stor andel vrak, vilket i sin tur innebär en stor värdeminskning på det lagrade virket.

1.2 Kvalitetsrisker vid timmerlagring

Lagring är förknippat med många risker relaterat till virkeskvalitet. Vid lagring av virke är det främst blånadssvampar, rötsvampar (brun- och vitröta) samt insektsangrepp som påverkar virkeskvaliteten negativt (Björkman, 1958). Helt avgörande för svampar eller insekters benägenhet att angripa virke under lagring är virkets fukthalt (Blom & Thörnqvist, 2014). Det finns även en risk att mögelsvampar angriper virket vid lagring. Även om dessa har mindre inverkan på virkets kvalitet så kan det utgöra en hälsorisk vid hantering av virket (Nylinder & Fryk, 2011).

Blånadssvamparnas hyfer finns i vedcellens håligheter och tar sig mellan celler genom porer i cellväggarna. Virkets hållfasthet påverkas inte nämnvärt av blånad, men det kan medföra andra problem på slutprodukten. Förutom den karaktäristiska blåa missfärgningen så torkar det angripna virket långsammare och blånadsangripet virke har en högre vattenupptagningsförmåga än oskadat virke, vilket gör det olämpligt att använda slutprodukten utomhus (Nylinder, et al., 2000).

De rötskador som uppkommer i samband med lagring kallas för lagringsröta och rötskador som uppkommer i växande träd kallas för skogsröta (Björkman, 1958). Det finns många olika arter av trädförstörande rötsvampar, vilka kan delas upp i vitröta som angriper ligninet i veden och brunröta som angriper cellulosan i veden. Namnen har de fått efter den missfärgning som blir synlig efter ett angrepp. Stadiet efter att svamparnas aktivitet har upphört brukar kallas torröta (Björkman, 1946). Den röta som utvecklas i växande träd finns ofta i trädets kärna medan röta som utvecklas under lagring angriper splintveden, vilket i regel utgör den större delen av ett träd. Lagringsrötan kan därför omfatta en stor del av varje enskild stock. Vid gynnsamma förhållande utvecklas dessutom lagringsrötans svampar snabbare än skogsrötans svampar. Att skydda virke från lagringsröta under lagring är således ett viktigt moment vid virkeshantering (Björkman, 1958). Till skillnad från angrepp av blånadssvampar så angriper rötsvamparna själva vedsubstanten, vilket bland annat innebär en försämrad hållfasthet. Dessa rötsvampar sprider sig via sporer, vilket ger en väldigt snabb spridning när förhållandena för svamparten är gynnsamma (Björkman, 1946). Den vanligaste svampen som ger upphov till lagringsröta i barrvirke heter blödskein (*Stereum sanguinolentum*).

Blödsinn kännetecknas av den blodröda färgen på fruktkroppens undersida. Ett begynnande angrepp av lagringsröta kan identifieras genom rödbruna stråk i splintveden (Figur 1) (Björkman, 1958).



Figur 1. Exempel på brunröda missfärgningar i splintveden från lagringsröta i tidigt stadium på grantimmer. Foto: Viktor Vasell.

Figure 1. Example of burgundy discoloration from storage decay in an early stage on spruce timber. Photo: Viktor Vasell.

Virkets fukthalt är en viktig faktor för uppkomsten av svampskador och fukthalten beror i sin tur på flera faktorer som temperatur, luftfuktighet, direkt solstrålning och vindhastighet (Björkman, 1958). En studie om lagringsröta i massaved har visat att rötsvamparna generellt sett utvecklas bäst i fuktighetsmättad luft. Sänks den relativa luftfuktigheten till 95 % så minskar rötaktiviteten avsevärt och vid 90 % relativ luftfuktighet så upphör aktiviteten för det flesta rötsvamparter. Sett till materialets fukthalt så utvecklas svamparna som bäst när virket har en fukthalt mellan 35 till 85 % (Björkman, 1946). Vid en mycket hög fukthalt i veden är rötaktiviteten kraftigt nedsatt. Det flesta lagringsrötsvamparna föredrar generellt en temperatur mellan + 25–27 °C. Tillväxten avtar generellt vid + 10 °C och upphör vid + 2–3 °C (Björkman, 1958).

1.3 Några olika lagringsmetoder för timmer

1.3.1 Bevattnings av timmer

Bevattnings av timmertravar med sprinklers under sommarmånaderna är en vanligt förekommande metod. Grundtanken med bevattnings är att höja fukt-kvoten på virket (över 100–120 %), det gör att insekter och svampar får det svårt etablera sig och skada virket (Riguelle, et al., 2017). Bevattnings ger även ett bra skydd mot torr-sprickor. Metoden är dock kostsam och kräver mycket underhåll under lagringstiden (Jonsson, 2012). Det vatten som rin-ner av virket vid bevattnings, lakvatten, är även förknippat med vissa miljöris-ker. Lakvatten innehåller ofta organiskt material och höga halter av bland annat fosfor, vilket kan påverka närliggande vattendrag negativt vid ett läck-age av orenat lakvatten. Fosfor är ofta det produktionsreglerande ämnet i svenska vattendrag. Högre halter av fosfor leder till en öka tillväxt av bland annat växtplankton och bakterier i vattnet, i ett längre perspektiv bidrar pro-duktionsökningen till övergödning av sjöar och vattendrag. Även om mäng-den fosfor i lakvattnet procentuellt sett är litet så kan det utgöra ett relativt stort tillskott av fosfor i ett vattendrag. När det organiska materialet som finns i lakvattnet bryts ner förbrukas syre, vilket leder till att vattnet riskera att bli syrefattigt (Larsson, 2015). För att hantera lakvattnet måste därför någon form av reningsanläggning finnas i anslutning till lagringsplatsen (Riguelle, et al., 2017). De problematiska ämnena som finns i lakvattnet härstammar till största del från barken (Johansson & Strömwall, 1978). Barken utgör ca 10 % av trädets volym och upp till 25 % av barkens torrsubstans utgörs av vattenlösliga ämnen så som tanniner, kolhydrater och fenoliska ämnen (Ols-son, 1978). Det är troligt att lakvattnet skulle vara mindre problematiskt ur miljösynpunkt om stockarna lagrades barkade (Jonsson, 2012). För att lagra virke i Sverige krävs normalt sett tillstånd och för att bevattna virke under lagring kan även en vattendom behövas (Brändström, et al., 2005). Ytterli-gare en nackdel med att bevattna virke under lagringstiden är att missfärg-ningar kan uppstå i veden (Hildén, et al., 2006). Tanninskador eller fläckar är ett samlingsnamn för det missfärgningar som kan uppstå i bevattnat vir-kes splintved. Skadornas omfattning beror på flera faktorer så som lagrings-tid, bevattningsintensitet och temperatur. Tanninskador kan vara ett problem bland annat vid framställning av mekanisk massa, men det påverkar inte virkets hållfasthet (Brändström, et al., 2005).

1.3.2 Sjölagring av timmer

Sjölagring är ytterligare en metod där vatten används som skydd, men istället för att bevattna upplaget av virke så sänks virket ner i en sjö (Nylinder & Fryk, 2011). Sjölagring är förknippat med praktiska svårigheter vid nerläggning och upptagning av virket och med en del miljörisker som syrebrist och förhöjda halter av fosfor i vattnet. Efter stormen Gudrun, som drabbade södra Sverige i januari 2005, lagrades stora mängder timmer i Kisasjön strax söder om Linköping. Lagringen av timmer i sjön medförde kraftigt sjunkande syrehalter och förhöjda halter av fosfor i vattnet redan under sommaren 2005 (Larsson, 2015). En annan studie i samma sjö visar att just syrebristen i sjön efter lagringen blev ett allvarligt problem för bottenlevande organismer (Tyrstam, 2007). Bottenfaunan är viktigt för bland annat fiskbeståndet då mycket småfisk lever av just bottenfaunan. Barken som blev kvar på botten efter lagringen kommer att fortsätta läcka fosfor och påverka vattnet under en lång tid. Det krävs normalt sett även tillstånd för att få sjölagra virke i Sverige (Brändström, et al., 2005).

1.3.3 Snölagring av timmer

För att undvika miljöproblem orsakade av sjölagring eller från lakvatten vid bevattning är det möjligt att använda sig av metoder där sågtimmer lagras vid låga temperaturer. En låg temperatur innebär att virket inte torkar lika fort och tillväxten av blånad och röta går långsammare om temperaturen hålls så låg som möjligt (Jonsson & Nylinder, 2008). Snölagring utgår från principen att en låg temperatur kan bevaras inuti lagret under en längre tid om virkestravar täcks med snö och därefter isoleras med spån (Nylinder & Fryk, 2011). Tidpunkten för att bygga upp ett snölager begränsas då vinterns kyla behövs för att systemet ska fungera. Metoden är därför väldigt arbetsintensiv under uppbyggnaden på vintern och när lagret bryts under sensommaren eller hösten. När lagret är upplagt täcks det antingen med naturlig snö som samlats ihop eller med hjälp av snökanoner. Vid användning av snökanoner krävs det tillgång till en vattenkälla som kan leverera 60–90 m³ vatten per timme i anslutning till lagringsplatsen. Hela lagret brukar därefter täckas med antingen sågspån eller bark (Lukkari, et al., 2004). Detta medför att kylan bibehålls i lagret under en längre tid (Brändstöm, et al., 2005). Snölagring har visat sig vara ett tillförlitligt sätt att lagra timmer med bibehållen virkeskvalitet då timrets fukthalt och ljushet bevaras väl (Lukkari, et al., 2004). Tidigare erfarenheter av snölagring visar på goda resultat även vid så långa lagringstider som nio månader (Brändstöm, et al., 2005).

1.3.4 Kyllagring av timmer

Kyllagring är en metod som likt snölagring bygger på att bevara kylan i virket, men utan att använda ett lager med snö (Nylinder & Fryk, 2011). Det svenska skogsbolaget SCA har under några år använt kyllagring för att lagra grantimmer, från vintern till följande sommar eller höst. Vältor med timmer läggs då upp tätt packat mot varandra på tjälad mark under vintern, och täcks därefter med ett lager av massaved eller bränsleved som ska fungera som skydd mot väder och vind åt det mer värdefulla timret innanför. Det är just denna metod där snö inte används som isolering för att bevara kylan som kommer att undersökas i denna studie.

En tidigare studie på kyllagring av barrmassaved, som avverkats till följd av stormen Gudrun 2005, har genomförts i södra Sverige (Jonsson & Nylinder, 2008). Under försöket lagrades barrmassaved i tätt packade vältor under 5–10 månader. För att kunna följa utvecklingen mättes temperaturen inuti och utanför lagren två gånger varje dygn. Ett antal provstockar slumpades även ut för att kunna undersöka kvalitetsutvecklingen. I försöket användes en enskild vältor med barrmassaved som referens. Temperaturmätningarna under försöket visade att temperaturen i genomsnitt var högre i den omgivande luften än inuti lagret samt att temperaturen inuti lagret var stabilare än i omgivande luft. Studien visade även att kvalitetsförlusterna vid kyllagringen var begränsade i jämförelse med referensvältan med undantag för synlig lagringsröta. Att tillväxten av lagringsröta var mindre i referensvältan skulle kunna bero på att veden var torrare än veden i lagret. Temperaturen var på det flesta provpunkterna lägre och stabilare än i referensvältan. Vältorna som låg solexponerade fick under sommaren högre temperatur än vältorna innanför. En ökad tillväxt av blånadssvamp hade skett, men det kan delvis förklaras av att virket hade skador av blånad redan innan lagringen (Jonsson & Nylinder, 2008).

Jonsson och Nylinder (2008) har visat att temperaturen är både lägre och stabilare i ett kyllager än omgivande luft, lagringsskadorna kan även begränsas med metoden. Under deras försök skedde dock ett missförstånd som gjorde att proverna från stockarna inte förvarades korrekt mellan provtagning och analys, vilket kan ha påverkat resultatet. En låg temperatur inuti vältan under sommaren är en avgörande faktor för att minska tillväxten av rötsvampar som sänker virkets kvalitet. Genom att bygga skyddsvältor av

mindre värdefulla virkessortiment skyddas det mer värdefulla timret innanför (Nylinder & Fryk, 2011).

1.4 Varför är detta arbetet intressant att genomföra?

Efter stormarna Gudrun och Per, som drabbade Mellansverige 2005 och 2007, lagrades stora volymer virke med flera olika metoder, t.ex. bevattning och sjölagring. Kyllagring borde bli en billigare lagringsmetod än t.ex. bevattning då kostnader för en bevattningsanläggning undviks. Eftersom vatten inte används som skydd under lagringstiden borde miljöriskerna kopplade till lakvatten inte uppstå. Kyllagring skulle kunna vara en bra metod för att snabbt kunna lagra stora volymer virke. SCA skog har under några år använt sig av kyllagring av grantimmer för att hantera produktionsökningen som sker under vintern. Jämfört med t.ex. bevattningslagring finns dock en avgörande svårighet med kyllagring. Genom att reglera bevattningen kan man öka mängden vatten under varma perioder för att minska risken för lagringsskador och öka möjlig lagringstid. Den möjligheten finns inte vid kyllagring. Hur länge man kan lagra virket blir beroende av rådande klimat, vilket gör det svårt att skatta maximal lagringstid utan avgörande lagringsskador. En studie av detta slag skulle kunna bidra till nya kunskaper och vara en del i utvecklingsarbetet runt kyllagring.

1.4.1 Mål och syfte med arbetet

Målet med studien var att undersöka möjligheten att använda temperaturmätningar för att med hjälp av regressionsanalys prognostisera hur lång tid det går att lagra grantimmer vid kyllagring, utan avgörande kvalitetsförsämringar i det lagrade timret. Studien delades upp i följande delsyften:

- i. Undersöka hur ackumulerad totaltemperatur i kyllagret påverkar virkeskvalitén.
- ii. Undersöka sambandet mellan omgivande temperatur och temperatur inuti kyllagret.

1.4.2 Hypotes

Hypotesen är att virkeskvalitén vid kyllagring påverkas av temperaturen över tid, därför finns en möjlighet att använda kontinuerliga temperaturmätningar för att med hjälp av regressionsanalys prognostisera hur lång tid det går att lagra virket utan avgörande kvalitetsförsämringar.

2 Metod och material

2.1 Lagringsförsöket

I studien ingick virkeslager med grantimmer, som efter lagringen levererades till SCA:s sågverk i Sundsvall och i Rundvik samt till ett sågverk i Gällö som SCA äger tillsammans med Persson Invest. Lagringsförsöket genomfördes vid fyra terminaler som SCA använde för att kyllagra grantimmer (Figur 2, Tabell 1).



Figur 2. Översiktskarta som visar försökslokalernas placering. Bakgrundskarta: Lantmäteriet ©.

Figure 2. Overview on where the storage in the trial were placed. Background map: Lantmäteriet ©.

Tabell 1. Sammanställning över lagringstid, underlag, volym och mått på lagren som ingick i försöket

Table 1. Summary of storage time, material under the storage, volume and measurement of the storages included in the trial

Lokal	Uppläggning (vecka):	Brytning (vecka):	Underlag:	Volym (m ³ FUB):	Mått (m) (L/B/H):
Haxäng	1–8	34–39	Grus	16 000	107/66/7
Krokom	1–9	29–33	Grus	10 000	102/74/9
Storuman	1–11	27–36	Grus/asfalt	20 000	120/70/6
Utansjö	7–14	25–32	Grus/asfalt	25 000	156/84/6

Terminalerna snöröjdes kontinuerligt innan försöken för att tjälen skulle gå så djupt ner i marken som möjligt. Gemensamt för alla försökslokaler var att det lagrade grantimret var avverkats under december 2018 samt under tiden som lagret byggdes upp. Vid samtliga terminaler lades timret upp i parallella vältor tätt staplat intill varandra. Runt timmerlagret lades sedan skyddsvältor och ett "tak" av massaved. Syftet med detta var att skyddsvältorna och taket skulle fungera som en isolering/ barriär mot klimatet utanför lagret, och därigenom bidra till att hålla nere temperaturen inuti lagret. Vilket virkessortiment som användes varierade mellan försökslokalerna. I Krokom och Utansjö var alla skyddsvältor gjorda av barrmassaved. I Haxäng var tre av skyddsvältornas sidor byggda av barrmassaved, medan ena sida hade en vältor gjord av bränsleved. I Storuman var tre av skyddsvältornas sidor byggda av barrmassaved, medan ena sidan inte hade någon vältor som skydd utan timret lades mot en bergvägg. Taket på alla lager var byggt av barrmassaved. Hur skyddsvältorna konstruerades varierade mellan lokalerna. I Haxäng, Krokom och Storuman byggdes skyddsvältorna i bakkant samt på sidorna innan timret lades in, och när en timmervälta avslutades lades taket på innan nästa vältor påbörjades. Avslutningsvis byggdes den främre skyddsvältan. I Utansjö användes inte separata skyddsvältor på sidorna, utan först lades en bakre vältor av barrmassaved upp och sedan avslutades varje efterföljande vältor med timmer med sluttning ner åt sidorna. Sedan täcktes hela vältan med barrmassaved vilket medförde att man inte behövde separata skyddsvältor på sidorna.

Klimatet vid de olika lokalerna skiljer sig en del. Till exempel har Utansjö, som ligger vid kusten, högst genomsnittlig årsnederbörd och högst årsmedeltemperatur, medan Storuman, som ligger i inlandet, har lägst årsmedeltemperatur. Även om Krokom och Haxäng ligger nära varandra geografiskt,

finns det skillnader mellan dem i både årsmedeltemperatur och nederbörd (Tabell 2).

Tabell 2. Årsmedeltemperatur och nederbörd mellan åren 2013 och 2018 för de fyra försökslokalerna. Datat är hämtat från SMHI:s applikation LuftWeb ©

Table 2. Average temperature and precipitation per year between 2013 and 2018. Data from SHMI:s application LuftWeb ©

Försökslokal:	Årsmedeltemperatur (°C):	Nederbörd (mm):
Haxäng	3,9	634
Krokom	4,2	570
Storuman	2,2	581
Utansjö	5,3	703

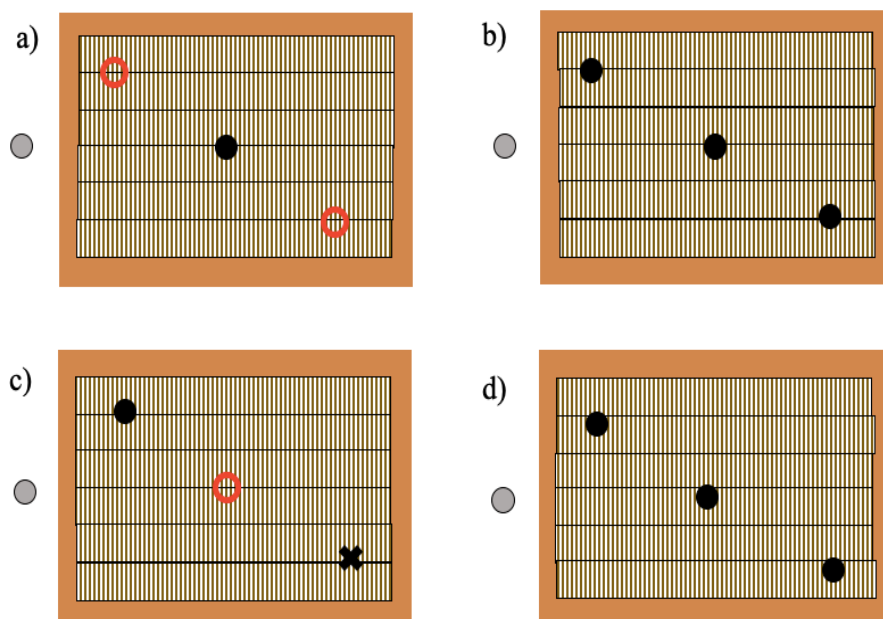
2.2 Mätutrustning

För att mäta temperaturen och den relativa luftfuktigheten användes två typer av mätare, Tinytag Plus 2 (TGP 4500) och COMET Datalogger (QU3121M). Båda typerna av mätare registrerar både temperatur och relativ luftfuktighet. Tinytag är en enkel och robust datalogger med hög noggrannhet i mätningen. Denna modell av Tinytag har ett internt minne som sparade alla mätningar och som efter försöket kunde föras över till Microsoft Excel. COMET datalogger är även den en noggrann och robust mätare som klarar både utomhustemperaturer och fukt. Dataloggern sänder alla sina mätvärden via GSM-nätet och resultaten visas direkt i mjukvaran Intab Cloud. Den har även ett internt minne som sparar mätvärdena om sändningen inte skulle fungera. Till denna mätare anslöts en extern givare som registrerade temperaturen och den relativa luftfuktigheten. Båda typerna av mätare konfigurerades så att de mätte temperatur och relativ luftfuktighet kontinuerligt under dygnet. De mätare som har GSM uppkoppling sände sina värden två gånger per dygn till databasen.

2.3 Datainsamling

Ursprungstanken vara att tre mätpunkter för temperatur och relativ luftfuktighet skulle placeras diagonalt genom alla lager för att fånga eventuella skillnader mellan mitten och de yttre delarna av lagret. Att placera mätutrustningen på detta sätt innebar att mätningen på de bakre raderna kunde fortsätta även när de främre raderna timmer körts till sågverken i slutet av försöket.

Ett högt inkörningstempo på timmer till terminalerna gjorde att alla mätpunkter inte kunde placeras ut i Krom och Utansjö, där mättes temperatur och relativ luftfuktighet istället på två, respektive en punkt inuti lagret. Tyvärr förstördes en av mätpunkterna i Krom under brytningen av lagret. En mätpunkt för temperatur och relativ luftfuktighet placerades även utanför lagren för att mäta skillnader i temperatur och luftfuktighet utanför och inuti lagret (Figur 3). Alla insamlade temperaturmätningar användes efter försöket för att räkna fram en dygnsmedeltemperatur för varje dag försöket pågick, dessa medeltemperaturer utgör sedan rådata i temperaturanalysen.



Figur 3. Illustration över hur mätpunkterna var placerade vid försökslokal, a) Utansjö, b) Storuman, c) Krokom, d) Haxäng. De bruna områdena visar skyddsvältorna som omslöt vältorna med timmer. Ovanpå timret lades även ett "tak" av massaved. De svarta cirkklarna visar mätpunkterna för temperatur och relativ luftfuktighet inuti lagren, de grå cirkklarna visar mätpunkterna för temperatur och relativ luftfuktighet utanför lagren. Röda ringar visar planerade mätpunkter som uteblev. Krysset visar mätpunkten som förstördes under försöket.

Figure 3. Illustration of where the measuring points were placed during the trial, a) Utansjö, b) Storuman, c) Krokom, d) Haxäng. Brown areas represent the protection around the timber. A layer of pulpwood was placed on top of the timber. Black dots show where the measuring points for temperature and relative humidity (RH) were placed. Grey dot indicates the measuring points for temperature and RH outside the storage. Red circles indicated planned measuring points that wasn't a part of the trial. The cross indicates the measuring point that was destroyed during the trial.

Mätpunkterna namnges efter försökslokal och i vilken ordning de monterades. För lokaler med tre mätpunkter kommer mätpunkt ett och tre mäta i lagrens ytterkant och mätpunkt två i mitten. Mätpunkterna utanför lagren benämns med försökslokalens namn och "ute".

För att jämföra och bedöma hur lagringen påverkade virkeskvaliteten valdes tio provstockar ut runt provpunkten. Dessa provstockar märktes med numrerade plastbrickor i samband med att mätutrustningen monteras. En provtrissa sågades från provstocken före och efter lagringen för att bestämma fukthalten i trissan.

I samband med provtagningen kontrollerades även ändytorna för att se om de blivit angripna av någon form av lagringskada, vilket skedde genom en visuell observation och fotodokumentation. Detta skedde med stöd av Biometrias bestämmelser för sågtimmer. Samtliga provstockar gick dock inte att återfinna efter försöket.

2.4 Regressionsanalys

Linjär regression är en metod som baseras på att en rät linje kan anpassas till data. Genom att anta en rät linje genom två olika dataset eller variabler kan sambandet mellan dessa analyseras. Finns det ett linjärt samband mellan variablerna kan styrkan av sambandet skattas, för detta används en korrelationskoefficient, vilket är ett numeriskt värde på det linjära sambandet (Samuels, et al., 2014). Korrelationskoefficienten blir alltså ett mått på hur bra variablerna är anpassade till ett linjärt samband och kan anta värden mellan - 1 och + 1. Ett värde på -1 anger en perfekt negativ korrelation och ett värde på + 1 anger en perfekt positiv korrelation. Finns det inget linjärt samband erhålls ett värde som ligger nära 0. Kvadraten av korrelationskoefficienten kallas för förklaringsgrad och den beskriver hur mycket av variationen i y-led som kan förklaras av ett linjärt samband mellan x- och y-led. Förklaringsgraden har alltid ett värde mellan 0 och 1, där 1 motsvara ett perfekt linjärt samband. Oftast uttrycks förklaringsgraden i procentform (Cedergren & Eklund, 2002). Förutsatt att det finns ett linjärt samband mellan variablerna kan den rätta linjens ekvation användas för att prognostisera värdet för den andra variabeln (Samuels, et al., 2014).

2.5 Analys

Inledningsvis jämfördes och kvalitetsbedömdes ändytorna på provstockarna före och efter lagring för att avgöra om provstockarna tagit skada av lagringen. Provstockarna delades in två grupper, godkända och ej godkända med stöd av Biometrias kvalitetsbestämmelser för sågtimmer (Biometria, 2019). I denna studie användes bestämmelser som kan tänkas påverkas av lagring, maximalt 5 % skogsröta och 0 % lagringsröta i ändytan för att avgöra om lagringen påverkat virkeskvaliteten negativt. För att göra kvalitetsbedömningen användes de bilder som tagits på provstockarna innan och efter lagring, exempel från bedömningen illustreras i figur 4.



Figur 4. Exempel på bilder från kvalitetsbedömningen. Övre bilder visar stockarna innan lagring, undre bilder visar stockarna efter lagring. Pil visar begynnande lagringsröta som gör att provstock nummer 9 klassas som ej godkänd, provstock nummer 17 klassas som godkänd. Foto: Viktor Vasell.

Figure 4. Example of pictures from the quality assessment. The pictures on top shows the logs before storage and the bottom ones the logs after storage. The arrow indicates early storage decay that makes sample log nr 9 fail the quality assessment. Sample log nr 17 passed the quality assessment. Photo: Viktor Vasell.

Dygnsmedeltemperaturen per provpunkt beräknades utifrån uppmätta temperaturerna under försöket. Ackumulerad temperatur, eller enklare uttryckt, en totaltemperatur per mätpunkt beräknades genom att summera dygnsmedeltemperaturen från alla dagar som haft en medeltemperatur över 0 °C under försöket. I det fall där mätvärden saknas användes linjär interpolation för att ersätta dataförlusten. På en mätpunkt i Haxäng saknades mätningar för flera veckor, då användes medelvärdet från de andra mätpunkterna i lagret på försökslokalen för att ersätta dataförlusten.

Fukthaltsproverna som tagits på provstockarna innan och efter lagring användes för att säkerställa att provstockarna från olika provpunkter var jämförbara med varandra. Trissorna vägdes i samband med att de kapades samt efter torkning till konstant vikt vid en temperatur på 105 °C i torkskåp enligt standard SS-EN 14774. Därefter kunde fukthalten beräknas med ekvation (1.).

$$\text{Fukthalt} = \frac{vikt_{färskt} - vikt_{torkat}}{vikt_{färsk}} \quad (1.)$$

Genom en regressionsanalys med totaltemperatur och andel godkända provstockar per provpunkt som variabler kan en korrelationskoefficient och en förklaringsgrad räknas fram för temperaturens inverkan på virkeskvalitén om analysen visar sig vara signifikant. För samtliga regressionsanalyser användes programvaran Minitab.

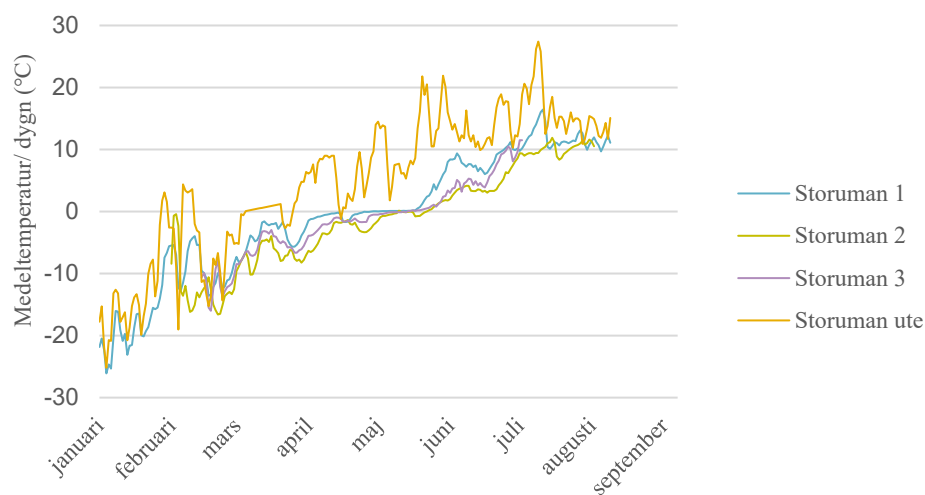
Sambandet mellan medeltemperaturen utanför lagret och medeltemperaturen i lagret analyserades genom en regressionsanalys. Totaltemperatur per mätpunkt inuti lagret och totaltemperatur utanför lagret under samma tidsperiod var ingående variabler (mätningen av temperatur utanför lagret kan ha pågått längre än inne i lagret). På så sätt kan sambandet mellan temperatur utanför och inuti lagret undersökas.

Temperaturmätning inuti ett kyllager är praktiskt svårare att genomföra än att mäta temperaturer utanför ett kyllager. Därför var det av intresse att undersöka om det finns något samband mellan den uppmätta temperaturen utanför ett kyllager och virkeskvalitén efter lagringen. Detta utfördes genom en regressionsanalys med totaltemperatur utanför lagren och andelen godkända provstockar från kvalitetsbedömningen som ingående variabler.

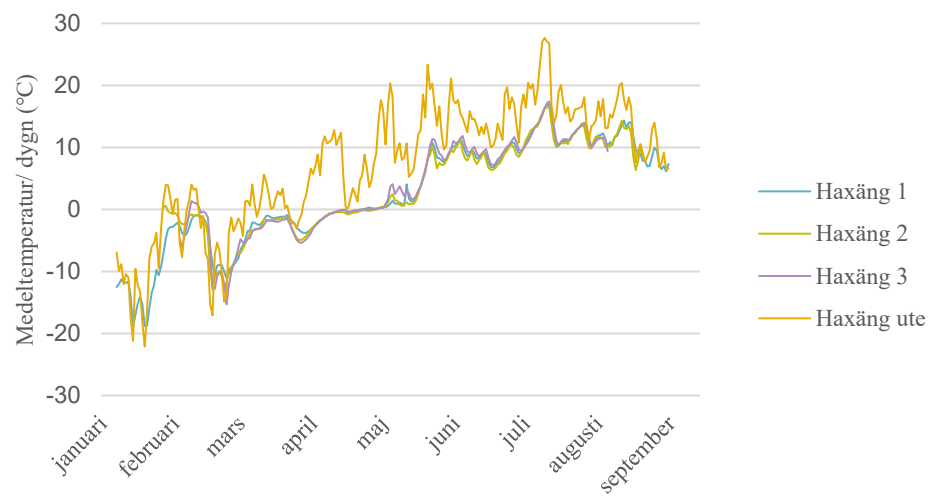
3 Resultat

3.1 Temperatur under lagringstiden

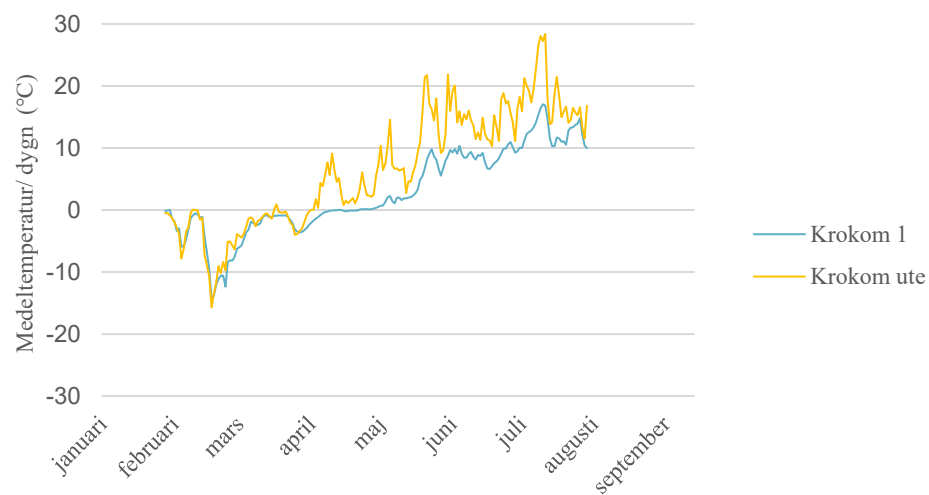
Från temperaturmätningarna under försöket har medelvärden per provpunkt och dygn beräknats. Generellt var medeltemperaturerna stabilare inuti lagren än utanför. Det finns inte någon tydlig generell gradient i temperatur mellan mätpunkterna som placerats i mitten av lagren (provpunkt 2) och de mätpunkter som placerats närmare kanten (provpunkt 1 och 3) i de lager som hade mer än en provpunkt i lagren. Temperaturen i lagren var lägre än utanför under sommarmånaderna (Figur 5–8).



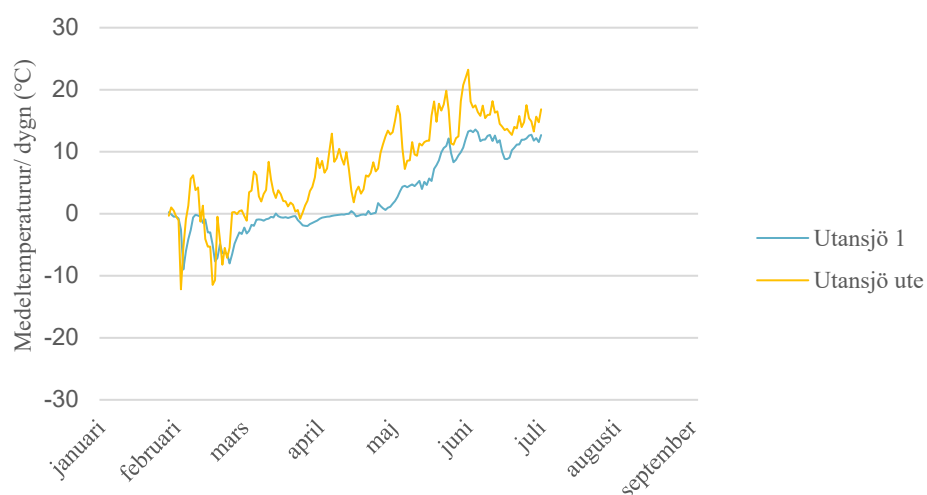
Figur 5. Medeltemperatur per dygn under lagringstiden i Storuman.
Figure 5. Average temperature per day during the trial in Storuman.



Figur 6. Medeltemperatur per dygn under lagringstiden i Haxäng.
Figure 6. Average temperature per day during the trial in Haxäng.



Figur 7. Medeltemperatur under lagringstiden i Krokomb.
Figure 7. Average temperature per day during the trial in Krokomb.



Figur 8. Medeltemperaturen under lagringstiden i Utansjö.
Figure 8. Average temperature per day during the trial in Utansjö.

Från dygnsmedeltemperaturerna beräknades en totaltemperatur per provpunkt fram för lagringsperioden (Tabell 3).

Tabell 3. Totaltemperaturer inuti lagren
Table 3. Accumulated temperatures inside the storages

Provpunkt:	Lagringsperiod (2019):	Totaltemperatur (°C):
Storuman 1	18 jan – 26 aug	772,2
Storuman 2	18 feb – 19 aug	437,1
Storuman 3	3 mar – 18 jul	223,3
Haxäng 1	24 jan – 17 sep	1 123,7
Haxäng 2	13 feb – 6 sep	1 000,6
Haxäng 3	20 feb – 22 aug	911,0
Krokom 1	14 feb – 15 aug	775,6
Utansjö 1	15 feb – 18 jul	580,5

3.2 Virkeskvalitet efter lagring

Lagringsröta var den enda orsaken till att provstockar bedömdes som ej godkända, några andra lagringsskador förekom inte bland provstockarna (Figur 9).



Figur 9. Exempel på provstockar som bedöms som ej godkända. Pilarna visar begynnande lagringsröta som gör att stockarna bedömdes som ej godkända. Foto: Viktor Vasell.

Figure 9. Examples of sample logs that didn't pass the quality assessment. Arrows indicate early storage decay which made the logs fail the quality assessment. Photo: Viktor Vasell.

När försöket påbörjades valdes totalt 90 stycket provstockar ut. Av dessa återfanns 75 stycken när försöket avslutades, tio stycken försvann när en provpunkt i Krokom förstördes, resterande hade tappat märkningen. Totalt bedömdes 17 % av de återfunna provstockarna som ej godkända efter lagring (Tabell 4).

Tabell 4. Sammanställning från kvalitetsbedömningen av provstockarna**Table 4.** Results from the quality assessment of the sample logs

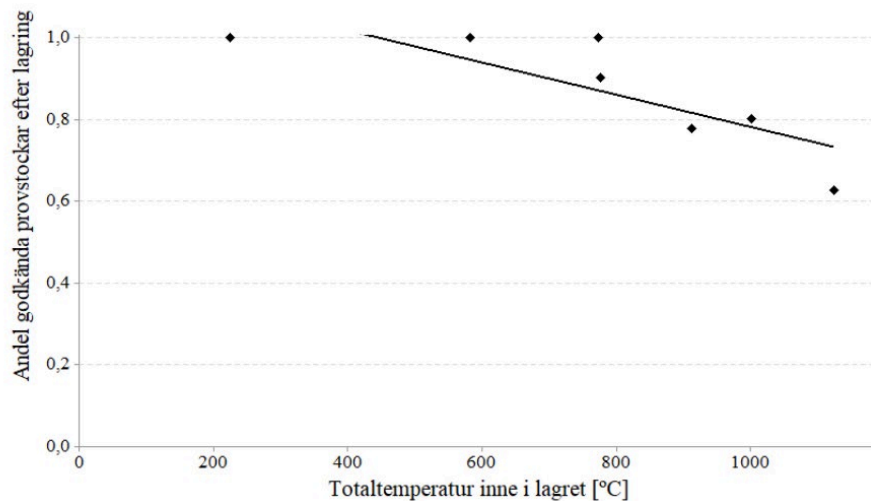
Provpunkt:	Antal återfunna provstockar:	Andel godkända provstockar:
Storuman 1	10	100 %
Storuman 2	10	70 %
Storuman 3	8	100 %
Haxäng 1	8	60 %
Haxäng 2	10	80 %
Haxäng 3	9	80 %
Krokom 1	10	90 %
Utansjö 1	10	100 %

Medelfukthalten var väsentligt lägre än genomsnittet bland provstockarna på provpunkt Storuman 2 (Tabell 5).

Tabell 5. Medelfukthalt innan lagring på provstockarna**Table 5.** Average moisture content before storage of the sample logs

Provpunkt:	Medelfukthalt i provstock- arna innan lagring:	Standardavvikelse för prov- stockarnas fukthalt inom prov- punkten:
Storuman 1	45 %	4 %
Storuman 2	27 %	7 %
Storuman 3	41 %	3 %
Haxäng 1	43 %	3 %
Haxäng 2	38 %	7 %
Haxäng 3	38 %	7 %
Krokom 1	38 %	9 %
Utansjö 1	46 %	9 %

För att undersöka andelen godkända provstockars samband med totaltemperaturen inuti lagret under lagringstiden utfördes en regressionsanalys (Figur 10). Provpunkt Storuman 2 uteslöts ur regressionsanalysen då fukthalten på provstockarna innan lagring var väsentligt lägre än på övriga provpunkter.



Figur 10. Graf från regressionsanalysen av totaltemperaturen inne i lagrens samband med andelen godkända provstockar.

Figure 10. Graf from the regression analysis of total accumulated temperature inside the storage connection to proportion of sample logs that was approved in the quality assessment.

Regressionsanalysen visar att andelen godkända provstockar efter lagring givet en viss totaltemperatur kan beräknas med ekvation (2.) med en förklaringsgrad på 66,9 %. P-värdet för analysen är 0,025, vilket talar för att resultatet är signifikant.

$$\text{Andel godkända stockar (0 – 100 \%)} = 1,177 - 0,000396 \times \text{Totaltemperatur} \quad (2.)$$

3.3 Samband mellan temperatur i lagren och temperatur utanför

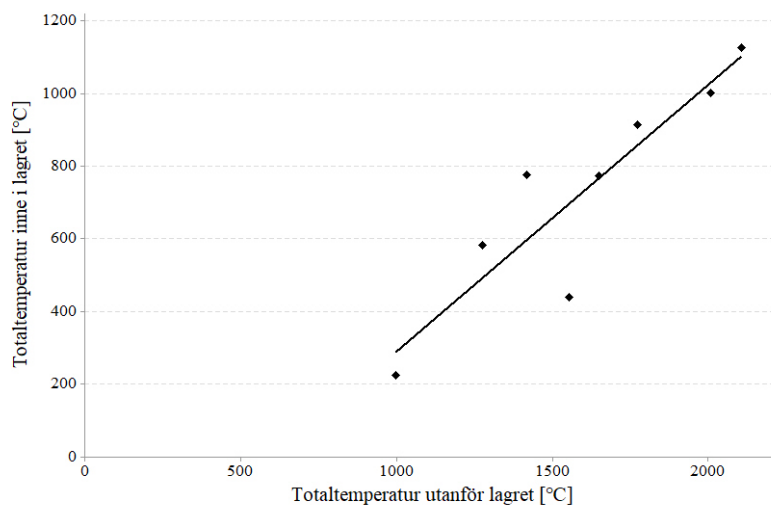
För att undersöka utomhustemperaturens inverkan på temperaturen inuti lagret beräknades totaltemperaturen utanför lagret för samma tidsperiod som lagringen pågick på provpunkten (Tabell 6).

Tabell 6. Totaltemperaturer utanför kyllagren under aktuell lagringstid

Table 6. Accumulated temperature outside the storages during the storage period

Provpunkt:	Totaltemperatur (°C):
Storuman 1	1648,5
Storuman 2	1550,3
Storuman 3	996,1
Haxäng 1	2104,8
Haxäng 2	2004,5
Haxäng 3	1769,8
Krokom 1	1415,5
Utansjö 1	1272,2

En regressionsanalys med totaltemperatur inuti och utanför lagren genomfördes för att undersöka dess samband (Figur 11).



Figur 11. Graf från regressionsanalysen av totaltemperatur inuti samband med totaltemperaturen utanför kyllagren.

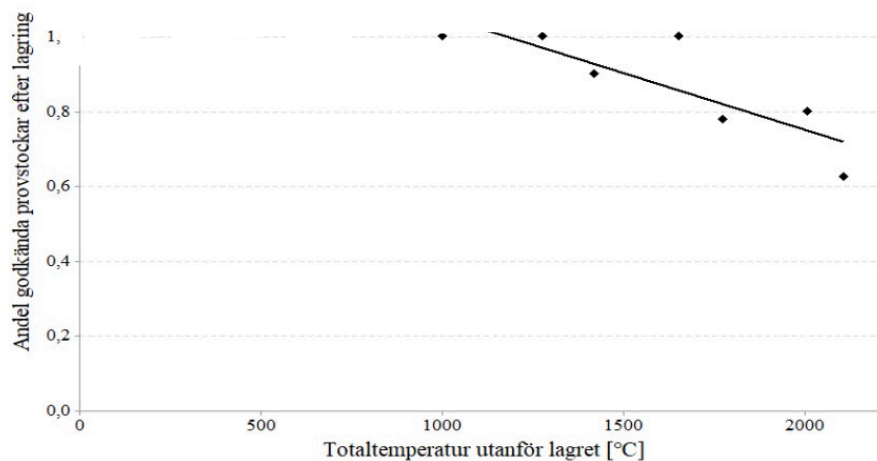
Figure 11. Graf from the regression analysis of total accumulated temperature inside the storage connection to the total accumulated outside the storage.

Regressionsanalysen visar att totaltemperaturen inuti lagret kan beräknas givet en totaltemperatur utanför lagret med ekvation (3.) med en förklaringsgrad på 87,1 %. P-värdet för analysen var 0,002, vilket talar för att resultatet är signifikant.

$$\text{Totaltemperatur (inne)} = -441 + 0,733 \times \text{Totaltemperatur (ute)} \quad (3.)$$

3.4 Samband mellan temperatur utanför lagren och virkeskvalitet

För att undersöka sambandet mellan temperaturen utanför lagret och andelen godkända provstockar på försökslokalen har en regressionsanalys genomförts (Figur 12). Även i denna analys exkluderades provpunkt 2 i Storuman.



Figur 12. Graf från regressionsanalysen av totaltemperaturen utanför kyllagrets samband med andelen godkända provstockar.

Figure 12. Graf from the regression analysis of total accumulated temperature outside the storage connection to the proportion of sample logs that was approved in the quality assessment.

Regressionsanalysen visar att andelen godkända provstockar kan beräknas givet en totaltemperatur utanför lagret med ekvation (4.) med en förklaringsgrad på 69,4 %. P-värdet för analysen var 0,02, vilket talar för att resultatet är signifikant.

$$\text{Andel godkända stockar (0-100 \%)} = 1,354 - 0,000301 \times \text{Totaltemperatur (ute)} \quad (4.)$$

4 Diskussion

4.1 Studiens resultat

Temperaturen på provpunkterna i lagren var generellt sett lägre än de temperaturer som uppmättes utanför lagren under försöket. Skillnaden i medeltemperatur mellan dygn var mindre inuti kyllagren än utanför, temperaturen var alltså stabilare i lagret än utanför. Under perioden maj till september blir dessa skillnader i temperaturer allra tydligast. Den lägre temperaturen i lagren bidrar sannolikt till att begränsa kvalitetsförsämringarna av timret. Det fanns inte någon tydlig skillnad mellan mätpunkterna som registrerat temperaturer i de yttre delarna av lagret och det som registrerat temperaturer i mitten av lagret. Avsaknaden av gradient mellan temperaturer från det yttre mätpunkterna till den i mitten gör att man kan anta att fler skyddsvältor inte kommer sänka temperaturen i lagren. Skyddsvältornas effekt blir således att de skyddar de yttre vältorna av timmer. Samtliga resultat från sammanställningen av dygnsmedeltemperaturerna är i linje med resultaten från temperaturmätningarna i studien om lagring av massaved i stora vältor lagda tätt ihop (Jonsson & Nylinder, 2008). Även under denna studie ökade temperaturerna under sommaren, men mindre än i omgivande luft och det saknades en gradient mellan vältor som låg i lagrets ytterkant och vältor som låg i mitten.

När temperaturen i lagret för första gången varaktigt översteg 0 °C sjönk aldrig temperaturen under 0 °C. Från denna tidpunkt och framåt börjar lagren uppnå temperaturer som är gynnsamma för rötsvampar. Tidigare studier har visat att rötsvampar som orsakar lagringsröta har ett relativt stort

temperaturspann för sin tillväxt. Optimal temperatur för tillväxt av lagringsrötsvampar är mellan 25–27 °C (så höga temperaturer uppmättes aldrig i något lager under försöket) men svamparna klarar av att växa ner till så låga temperaturer som + 2 °C (Björkman, 1958).

När utkörningen av timret från terminalerna pågick var tjälen under lagret fortfarande kvar och något som kan liknas vid tjällossning skedde på lagerytan. Vilket var en utmaning för lastbilschaufförerna som hämtade timmer på försökslokalerna. Ett lager med is fanns under och mellan vältorna när försöket avslutades på alla försökslokaler (Figur 13).



Figur 13. Is under timmervälta i kyllagret i Storuman 27/8–19. Foto: Viktor Vasell.

Figure 13. Ice under a pile of timber included in the cold storage in Storuman. 27 August 2019. Photo: Viktor Vasell.

Av provstockarna i studien bedömdes 17 % som ej godkända. Lagringsröta var den enda anledningen till att provstockarna bedömts som ej godkända. Varken blånad, insektsskador eller skogsröta förekom bland provstockarna. På några provpunkter hade provstockarna en viss tillväxt av mögel efter lagringen, vilket inte påverkar virkeskvalitén nämnvärt, men som skulle kunna

innebära en arbetsmiljörisk för de som hanterar det lagrade timret (Nylinder & Fryk, 2011).

Luften på provpunkterna var ofta väldigt fuktig under sommaren (Bilaga 1). Den relativa luftfuktigheten är under sommaren ofta inom spannet som lagringsrötsvampar trivs i (Björkman, 1946). Den höga relativa luftfuktigheten skulle kunna innebära väldigt bra förutsättningar för tillväxt av rötsvampar om temperaturerna vart högre under lagringstiden. Att luftfuktigheten var hög i lagren har sannolikt bidragit till den tillväxt av röta som skett på vissa provstockar under lagringstiden.

Antalet provstockar är relativt få sett till hur många enskilda stockar som lagrades. Fukthalten efter lagring hade ökat i flera provstockar, vilket var lite förvånande. Ökningen skulle möjligen kunna förklaras av den höga relativa luftfuktigheten under sommaren, torrare provstockar skulle då ha kunnat absorbera fukt från luften. En ökning av fukthalt i virket efter lagring förekom även i Jonsson och Nylinders (2008) studie.

Resultatet från analysen på sambandet mellan totaltemperaturen i kyllagret och andelen godkända provstockar talar för att man skulle kunna använda uppmätta temperaturer i ett kyllager för att skatta eller prognostisera virkeskvaliteten givet en viss totaltemperatur.

I försöket och analysen har enbart de olika totaltemperaturerna ingått, men det kan tänkas att det finns flera faktorer som förklarar totaltemperaturen i ett lager. Tjåldjupet under lagret kan tänkas vara en faktor som påverkar hur snabbt temperaturen i ett lager stiger och hur bra lagret klara att hålla kylan under sommaren. Djupare tjåle borde finnas kvar i marken längre tid under sommaren och på så sätt hjälpa till att hålla en lägre temperatur i lagren. Att mäta tjåldjupet under lagren var med i planeringen av försöket, men det visades sig vara för omfattande för att hinnas med inom den tidsram som uppstarten av försöket hade. Lagrens konstruktion skulle även kunna vara en faktor i hur väl kylan bevaras. Hur täta skyddsvältorna och taket ovanför timret byggdes skulle kunna påverka temperaturen i närheten av luckan i skyddet. I skyddsvältorna runt sidorna av lagren uppmärksammades inga större luckor, men i den massaved som lades ovanpå timret fanns på flera lokala luckor som lämnade timret utan skydd och isolering uppåt. Det går inte med

säkert att säga hur detta påverkat kvalitén på det timmer som legat i anslutning till luckorna i skyddet, då ingen av provpunkterna varit i närheten.

Studiens resultat indikerar att det finns samband mellan uppmätt totaltemperatur i lagren och andelen godkända provstockar. Det finns även ett samband mellan totaltemperaturerna utanför och inuti lagren, samt ett samband mellan totaltemperatur utanför laget och andelen godkända provstockar. Andelen godkända stockar kan alltså i teorin beräknas på tre olika sätt. Antingen uppmäts temperaturen i lagret och därefter beräknas en totaltemperatur som används i ekvation (2.). Mäts enbart temperaturen utanför lagret kan beräknad totaltemperatur antingen användas i ekvation (3.) och sedan används den beräknade totaltemperaturen i lagret i ekvation (2.), eller användas direkt i ekvation (4.). För att avgöra vilken av dessa metoder som ger bäst skattning av virkeskvalitén i kyllagret krävs ytterligare försök.

Studien visar att det kan vara möjligt att använda kontinuerliga temperaturmätningar för att skatta hur länge man kan lagra timmer med kyllagring, utan avgörande kvalitetsförsämringar. Värt att understryka är att dataunderlaget i studien var begränsat. För att utveckla tillförlitliga skattningar krävs mer datainsamling och analyser. Resultaten från studien ska därför inte ses som en praktiskt användbar modell för att skatta kvalitetsförsämringar givet en viss totaltemperatur vid kyllagring. Metoden och analysen verkar vara rätt obeprovad för detta ändamål, det finns få andra studier på kyllagring av timmer. Vilket gör det svårt att jämföra resultaten mot tidigare försök.

4.2 Granskning av metod och material

Försöket har haft några praktiska problem, främst med mätutrustningen. Under försöket laddade batteriet ur på några mätare, vilket ledde till att mätningar från den tid det tog att åka till lokalen och byta batteri saknas. Till ena typen av mätare anslöts en extern givare, denna gick sönder vid något tillfälle vilket också ledde till uteblivna mätningar under några dagar. Fel på den externa givaren på mätpunkt 1 i Haxäng ledde till fel i mätvärdena under flera veckor, dessa veckor ersatts med medelvärdet från de andra mätpunkterna i vältan. Detta ansågs vara den bästa metoden för att ersätta dataförlust under en längre tid då mätningarna visar att temperaturskillnader mellan

mätpunkterna i lagret var små. Tekniska problem med mätutrustningen kan därför vara en felkälla i denna studie. Sett till hur länge försöket pågick så saknas relativt lite mätvärden, felkällan borde därför inte vara särskilt betydande.

Sett till mängden timmer som ingick i försöket och antalet lokaler är antalet provpunkter och provstockar få, vilket gör att datamaterialet är begränsat. Helst skulle fler mätpunkter inuti lagret ha ingått i försöket för att få fram fler totaltemperaturer och provstockar att bedöma. Antalet provpunkter var tvungen att begränsas för att försöket skulle rymmas inom tidsramen för examensarbetet.

Störst brist i datamaterialet är de försökslokaler som bara haft en provpunkt i lagret och en utanför, där går t.ex. inte att säga något om kvalitetsutveckling på timret under lagringstiden. Kvalitén efter lagringen blir enbart bedömd vid ett tillfälle om det finns en mätpunkt i lagret, medans de försökslokaler som hade tre mätpunkter inuti lagret blir bedömt vid tre olika tidpunkter under lagringstiden.

Få provpunkter gör att regressionsanalyserna bygger på få observationer, vilket kan vara en felkälla. Regressionsanalyserna har även få variabler, en parameter testas bara mot en annan. Det är troligt att flera andra variabler som inte ingått i försöket kan ha påverkat det som testas i regressionsanalyserna. Fler provpunkter hade inneburit att modellerna byggts på ett större dataunderlag, och möjligen att man bättre hade kunnat undersöka variationen inom varje lager.

Det finns även skillnader i hur de olika lagren byggdes upp, främst var det hur skyddsvältorna konstruerades. Hade varje försökslokal haft två eller fler olika lager hade man möjligen kunnat nå en slutsats hur dessa skillnader påverkar lagringen. Eftersom varje försökslokal bara haft ett lager av gran-timmer går det inte att dra några slutsatser om hur dessa skillnader påverkat lagringsresultatet.

Det hade varit intressant att ha involverat även kvalitetsförändringar i virke som fungerat som skyddsvälta i studien. Kvalitetskraven på massaved är

mindre strikta än för sågtimmer, t.ex. tillåts 10 % lagringsröta i ett tvärsnitt 15 cm in på stockänden (Biometria, 2019). Att kunna använda virket från skyddsvältorna utan att behöva klassa ner sortimentet är viktigt. Lagringskostnaden för timret skulle förmodligen bli väsentligt mycket högre om kostnaden för en eventuell värdeminskning till följd av lagringsskador i sortimentet som används som skydd behöver inkluderas i kostnaden.

4.3 Slutsatser

Studien visar att en ökad totaltemperatur påverkar virkeskvaliteten negativt. I datamaterialet från försöket fanns statistiska samband som talar för att man skulle kunna använda kontinuerliga temperaturmätningar inuti kyllagren för att skatta hur lång tid det går att kyllagra grantimmer. Det finns även samband i underlaget som talar för att man skulle använda mätningar av temperatur utanför lagret för att skatta hur länge det går att laga grantimmer med denna metod. Resultaten indikerar alltså att hypotesen stämmer. Det finns dock behov av fortsatta och mer omfattande försök och analyser för att skapa modeller som är tillförlitliga och praktiskt användbara.

Referenslista

Biometria. (2019) *Kvalitetsbestämning av massaved*. Uppsala: Biometria ek för.

Biometria. (2019) *Kvalitetsbestämning av sågtimer av tall och gran*. Uppsala: Biometria ek för.

Björkman, E. (1946) *Om lagringsröta i massavedgårdar och dess förebyggande*. 1:a upplagan red. Stockholm: Statens skogsforskningsinstitut.

Björkman, E. (1958) *Lagringsröta och blånad i skogslagrad barr- och lövmassaved*. 1:a upplagan red. Stockholm: Kungl. skogshögskolans skrifter.

Blom, Å. & Thörnqvist, T. (2014) Live storage and drying of storm-felled Norway spruce (*Picea abies*, L. Karst) and Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) trees. *Wood Material Science & Engineering*, 9(4), pp. 209-213.

Brändstöm, J. o.a. (2005) Lagring av rundvirke i stormens spår. *Resultat från skogsforsk*, 2005(2), pp. 1-6.

Cedergren, M. & Eklund, J. (2002) *Experimentell metodik med mätvärdesbehandling*. Umeå: Umeå universitet, institutionen för fysik.

Fjeld, D. & Dahlin, B. (2017) *Nordic logistics handbook*. Umeå: Sveriges Lantbruksuniversitet, Helsinki University.

Hildén, L. o.a. (2006) Distribution and characterisation of discolouring substances in Norway spruce (*Picea abies* L. Karst.) pulp wood stored under water sprinkling. *Holzforschung*, 60(1), pp. 93-98.

Johansson, P.-O. & Strömvall, L. (1978) *Yttre miljöpåverkan vid lagring och bevattning av timmer*, Stockholm: Tekniska högskolan i Stockholm.

Jonsson, M. (2012) Dry and wet storage of *Picea abies* and *Pinus contorta* roundwood with and without bark. *Wood Material Science and Engineering*, 28 februari, pp. 41-48.

Jonsson, M. & Nylinder, M. (2008) *Lagring av massaved i stora vältor lagda tätt ihop*, Uppsala: Institutionen för skogens produkter, Sveriges lantbruksuniversitet.

Larsson, P.-E. (2015) *Miljöpåverkan vid långtidslagring av timmer*, Åsa: Enheten för skoglig fältforskning, Fakulteten för skogsvetenskap vid Sveriges lantbruksuniversitet.

Lukkari, J. o.a. (2004) *Timber quality preservation*, Helsinki: Metsäteho Oy.

Nylinder, M. & Fryk, H., 2011. *Timmer*. 1:a upplagan red. Uppsala: Professor Mats Nylinder.

Nylinder, M., Lundström, H. & Fryk, H. (2000) *Skador och fel på tall- och gran-timmer*. 2:a upplagan red. Uppsala: Professor Mats Nylinder.

Olsson, M. T. (1978) *Egenskaper hos lakvatten från bark*, Uppsala: SLU.

Riguelle, S., Lesire, C., Hébert, J. & Jourez, B. (2017) Influence of a long-term storage in anaerobic conditions on Norway spruce (*Picea abies*, L. Karst) physical and mechanical wood properties. *Wood Material Science & Engineering*, 12(5), pp. 288-294.

Samuels, M., Witmer, J. & Schaffner, A. (2014) *Statistics for the Life Sciences*. 4:de upplagan red. Boston: Pearson Education inc.

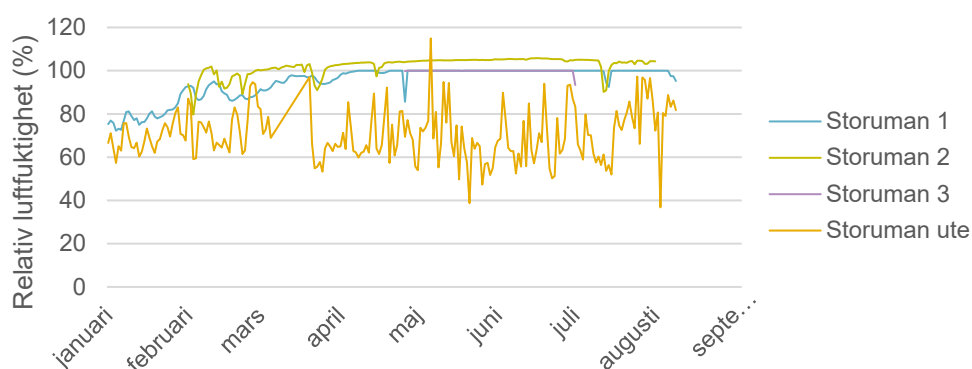
Tyrstam, S. (2007) *Påverkas bottenfaunan av att timmer lagras i sjöar? En studie i Kisasjön efter stormen Gudrun*, Linköping: Linköpings universitet, Institutionen för fysik, kemi och biologi.

Bilaga 1

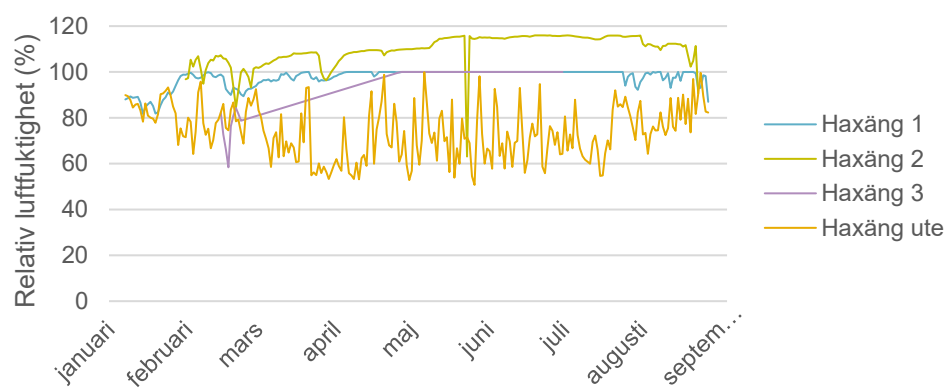
Relativ luftfuktighet under lagringsperioden

Under försöket mättes även den relativ luftfuktigheten på provpunkterna kontinuerligt. Från detta har den genomsnittliga relativa luftfuktigheten räknats fram. Generellt sett har den relativa luftfuktigheten mindre variationer mellan dygn på provpunkter inuti lagren än på provpunkter utanför lagren. Under sommarmånaderna är den relativa luftfuktigheten oftast högre i lagren än i den omgivande luften.

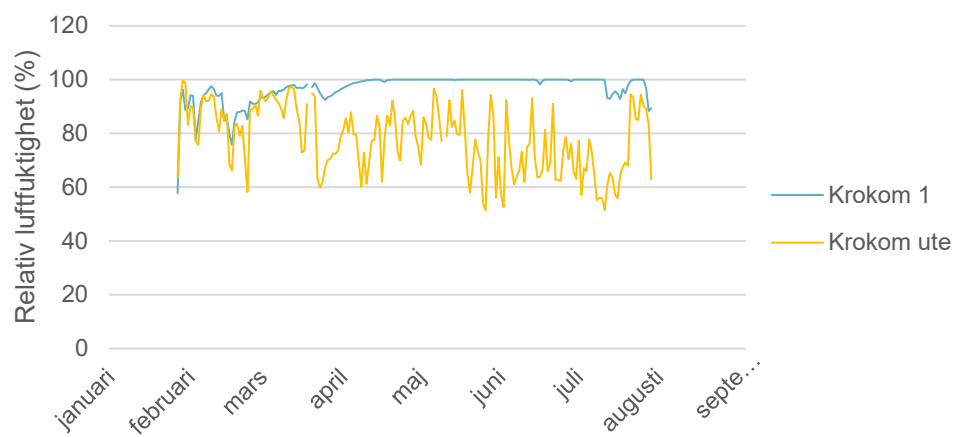
Storuman:



Haxäng:



Krokom:



Utansjö:

